



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Gebrauchsmuster**
⑩ **DE 94 18 490 U 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 24 B 33/06
G 05 B 19/04

⑪ Aktenzeichen:	G 94 18 490.9
⑫ Anmeldetag:	18. 11. 94
⑬ Eintragungstag:	11. 4. 96
⑭ Bekanntmachung im Patentblatt:	23. 5. 96

8(e)

DE 94 18 490 U 1

⑦③ Inhaber:

Maschinenfabrik Gehring GmbH & Co, 73760
Ostfildern, DE

⑦④ Vertreter:

Patentanwalt Dipl.-Ing. Walter Jackisch & Partner,
70192 Stuttgart

⑤④ Maschine zur Feinbearbeitung von Bohrungen in Werkstücken

DE 94 18 490 U 1

Maschinenfabrik
Gehring GmbH & Co.
Gehringstr. 28

A 40 237/mxe

17. Nov. 1994

73760 Ostfildern

Maschine zur Feinbearbeitung von Bohrungen in Werkstücken

Die Erfindung betrifft eine Maschine mit mindestens einem Werkzeug zur Feinbearbeitung von Bohrungen in Werkstücken, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Aus der EP-B-0 163 983 ist eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstückbohrungen bekannt, die eine Zustellvorrichtung aufweist, welche eine Umschaltung von einer Eilzustellung auf eine langsamere Zerspanzustellung bewirkt. Für die Eil- und Zerspanzustellung ist ein gemeinsamer Motor vorgesehen, dem eine voreinstellbare Steuereinrichtung für die Zustellgeschwindigkeiten vorgeschaltet ist. Zur Kalibrierung des Durchmessers wird das Werkzeug automatisch in die Werkstückbohrung eingefahren und mit einer bestimmten Zustellkraft aufgeweitet. Wenn die zur Verfügung stehende Kraft für eine weitere Aufweitung nicht mehr ausreicht, wird die Position des Zustellsystems als Referenzpunkt herangezogen. Dabei wird das Fertigmaß der Werkstückbohrung durch eine geeignete, pneumatische Meßeinrichtung gesteuert, die über ein mit Meßdüsen ausgestattetes Honwerkzeug während der Bearbeitung den Durchmesser der Werkstückbohrung mißt. Die Ausrüstung von Werkzeugen mit pneumatischen Meßeinrichtungen ist teuer, und da der Meßbereich sehr beschränkt ist, wird für jeden Bohrungsdurchmesser ein vollständiger Satz von Honwerkzeugen benötigt. Eine solche Einrichtung eignet sich zudem nicht zur Bearbeitung von Bohrungen mit seitli-

chen Durchbrüchen, da im Bereich der Durchbrüche der pneumatische Druck verlorenght.

Aus der EP-A-0 575 657 ist eine Maschine zur Feinbearbeitung von Bohrungen in Werkstücken mit mindestens einem Werkzeug bekannt, das expandierbare Arbeitsteile wie Honleisten oder Honsteine aufweist. Die Maschine ist mit einer Zustelleinrichtung versehen, die über eine Kraftmeßvorrichtung mit einer Zustellstange für die Arbeitsteile des Werkzeugs verbunden ist. Es ist außerdem ein Antriebsmotor für die Zustelleinrichtung und ein Steuergerät für den Antriebsmotor vorhanden, wobei ein Eingang des Steuergerätes mit einem Ausgang der Kraftmeßvorrichtung und ein Ausgang des Steuergerätes mit dem Antriebsmotor verbunden ist. Bei der bekannten Einrichtung wird die Länge des Zustellweges nach Maßgabe einer bestimmten Zustellkraft voreingestellt, die bei Erreichen des Fertigmaßes der Werkstückbohrung auftritt. Die mit einer solchen Maschine erreichbare Maßgenauigkeit der Werkstückbohrungen genügt nicht in allen Fällen den gestellten Anforderungen, wobei die Ursache für die Maßungenauigkeit im wesentlichen in der unterschiedlichen Elastizität des Zustellsystems während des Honens sowie in der unterschiedlichen Verformung der Werkstückbohrungen durch schwankende Zustellkräfte infolge Veränderung der Schneidfähigkeit der Schneidelemente zu sehen ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auf einfache und zuverlässige Weise Werkstückbohrungen mit sehr hoher Genauigkeit des Endmaßes honen zu können, wobei negative Einflüsse durch Schwankungen der Prozessparameter weitgehend ausgeschaltet werden.

Diese Aufgabe wird durch eine Maschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Mit dieser Anordnung wird eine Regelung des Zustellweges nach Maßgabe eines Sollwertes der Zustellkraft erreicht, deren Istwert ständig gemessen wird. Änderungen der Zustellkraft, wie sie bei elektromechanischer Schrittaufweitung aus der unvermeidlichen Elastizität des Zustellsystems resultieren, werden auf diese Weise kompensiert. Daher kann auch ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit eine wegeabhängige Maßabschaltung vorgesehen werden, wobei also der Zustellweg als Kriterium für das zu erreichende Endmaß bestimmt wird. Für die hochgenaue Bearbeitung ist dabei die sonst übliche ständige Messung des Bohrungsmaßes in der Bohrung mit pneumatischen Meßdüsen entbehrlich, was eine beträchtliche Verringerung des baulichen Aufwandes für die Honmaschine bedeutet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

Die Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung einer Honmaschine 1 mit einer Zustelleinrichtung 2 und einem Honwerkzeug 3. Das Honwerkzeug 3 wird wie üblich rotierend und gleichzeitig mit vertikalen Hubbewegungen angetrieben. Dieser Antrieb ist in der Zeichnung nicht dargestellt. Zu der Zustelleinrichtung 2 gehört ein ortsfest angeordneter Servomotor 4 mit einem Drehgeber 5 als rotatorischem Istwertgeber. Der Servomotor 4 treibt über eine Kupplung 6 eine Polygonwelle 7 an, die als Antriebswelle für ein Zustellgetriebe 8 dient, das ein auf der Polygonwelle 7 drehfest und axial verschiebbar angeordnetes Antriebszahnrad 9 und ein von diesem angetriebenes Zahnrad 10 enthält, das koaxial zur Längsachse A des Werkzeugs 3 angeordnet ist.

In dem Zahnrad 10 ist eine zur Längsachse A des Werkzeugs 3 koaxiale Gewindebohrung 11 vorhanden, in die eine Gewindespindel 12 eingreift. Die Gewindespindel 12 ist gegen Verdrehen gesichert, so daß sie durch die Drehung des Zahnrades 10 in ihrer Längsachse A verschoben wird. Diese Bewegung wird über eine Kraftmeßvorrichtung, im Ausführungsbeispiel eine Kräftemeßdose 13, auf eine Zustellstange 14 des Honwerkzeugs 3 übertragen, deren kegelstumpfförmiges Ende 15 die Honsteine 3' des Werkzeugs 3 radial gegen die Innenwand 16 einer Werkstückbohrung 17 belastet.

Die Kraftmeßvorrichtung 13 ist über eine Leitung 18 mit einem Eingang 19 eines Steuergerätes 20 verbunden, das im Ausführungsbeispiel als numerische Steuerung ausgeführt ist. Von dem Drehgeber 5 führt eine Leitung 21 an den Eingang 22 des Steuergerätes 20. Von den Ausgängen 23, 24 des Steuergerätes 20 führen Leitungen 25, 26 an Eingänge eines Servoreglers 28. Die Leitung 25 führt ein geschwindigkeitsproportionales Analogsignal. Der Servoregler 28 bestimmt aus dem Signal auf Leitung 25 den Phasenstrom des im Ausführungsbeispiel als einphasig gezeigten Servomotors 4, und der Phasenstrom gelangt an die Leitung 27.

Dabei kann im Servoregler 28 auch eine Strombegrenzung berücksichtigt werden, die vom Steuergerät 20 über den Ausgang 24 auf die Leitung 26 gegeben werden kann. Der Phasenstrom auf der Leitung 27 wird dadurch begrenzt. Die Strombegrenzung dient dem Schutz empfindlicher Werkzeuge und ist nicht zwingend erforderlich.

Das Steuergerät 20 kann über den Ausgang 23 an die Leitung 25 auch ein phasenstromproportionales Signal geben, das vom Servoregler 28 verstärkt und über die Leitung 27 dem Servomotor 4 zugeführt wird. In diesem Fall ist die Leitung 26

ohne Bedeutung, da die Strombegrenzung bereits im Steuergerät 20 berücksichtigt wird.

Der Servomotor 4 kann auch als dreiphasiger Servomotor oder als Schrittmotor ausgeführt sein. Entsprechend der Phasenzahl sind dann drei Leitungen 25 vorhanden, die je ein phasenstromproportionales Signal führen.

Das Steuergerät 20 enthält eine Steuereinrichtung 29, der Steuerbefehle und zugehörige Daten aus einem internen Speicher 31 zugeführt werden.

Als weitere Information wird an den Eingang 22 des Steuergerätes 20 vom Drehgeber 5 das Signal angelegt, das der Istposition der Gewindespindel 12 entspricht. Außerdem wird das von der Meßdose 13 gelieferte analoge Kraftsignal über die Leitung 18 dem Steuergerät-Eingang 19 zugeführt und im A/D-Wandler 30 digitalisiert.

Die Steuereinrichtung 29 erzeugt nach Maßgabe der genannten Eingangssignale und in Abhängigkeit von Werten des Speichers 31 an den Ausgängen 23 und 24 die vorstehend erwähnten Signale.

Die Honmaschine 1 wird mittels des Steuergerätes 20 gestartet. Dabei fährt das Honwerkzeug 3 in die Werkstückbohrung 17 ein. Diese Hubbewegung wird nach Erreichen der in der Zeichnung dargestellten Lage beendet. Nunmehr wird die Zustelleinrichtung 2 gestartet und stellt die Honsteine 3' in bekannter Weise im Eilgang mit einer programmierten Zustellgeschwindigkeit zu. Sobald der von der Kraftmeßvorrichtung 13 gemessene Istwert der Zustellkraft den für den Honvorgang programmierten und im Speicher 31 abgelegten Sollwert der Zustellkraft erreicht hat, stoppt die Zu-

18.11.94

stellung, und der erreichte Punkt des Zustellweges wird in dem Speicher 31 als Referenzpunkt gespeichert. Dieser Kalibriervorgang ermöglicht es dem Steuergerät 20, ausgehend von dem ermittelten Referenzpunkt, aus dem bekannten Maß der ungehonten Bohrung und dem Soll-Fertigmaß den erforderlichen Zustellweg für die Maßabschaltung zu berechnen.

Danach beginnt der Honvorgang in üblicher Weise, d.h. die Hub- und Drehbewegung des Werkzeugs 3 wird eingeleitet, und nach Durchlaufen des vorgegebenen Weges im Eilgang wird die Zustellung auf "Honon" mit einer programmierten Zerspan-Zustellgeschwindigkeit geschaltet. Die Steuereinrichtung 29 vergleicht dabei ständig den vom Speicher 31 vorgegebenen Sollwert der Zustellkraft mit dem von der Kraftmeßvorrichtung 13 ermittelten Istwert. Solange die Ist-Zustellkraft einen vorgegebenen Schwellwert, der ca. 2 % unter dem Wert der Soll-Zustellkraft liegt, nicht unterschreitet, verharret die Zustellung auf dem erreichten Durchmesser, die Gewindespindel 12 wird also nicht angetrieben. Geht während der Bearbeitung die gemessene Ist-Zustellkraft durch den Abtrag am Werkstück zurück und erreicht den unteren Schwellwert, so errechnet die Steuereinrichtung 29 nach Maßgabe von Befehlen und Daten im Speicher 31 die Schrittgröße der Zustellung als Verdrehwinkel des Servomotors 4 und die Geschwindigkeit, mit der sich der Servomotor 4 drehen soll. Unter Beachtung der tatsächlichen Lage des Servomotors 4, deren Wert am Eingang 22 des Steuergerätes 20 als Signal ansteht, wird durch einen Regelalgorithmus die für die Regelung erforderliche Spannung berechnet, die dann am Ausgang 23 ansteht, so daß über den Servoregler 28 der Servomotor 4 und damit die Gewindespindel 12 angetrieben wird. Dieser Vorgang wird nach einer im Speicher 31 vermerkten Wartezeit schrittweise so oft wiederholt, bis die Ist-Zustellkraft einen oberen Schwellwert

94.18.90

18.11.94

7

überschritten hat, wonach die Zustellung stillgesetzt wird. Die Regelung wird so oft wiederholt, bis die Bearbeitung durch die Maßabschaltung beendet wird. Die Maßabschaltung erfolgt durch den Vergleich zwischen dem erreichten Ist-Zustellweg und dem im Speicher 31 vermerkten Soll-Zustellweg in der Steuereinrichtung 29. Sobald das Bohrungsmaß den Sollwert erreicht hat, wird aus dem Speicher 31 in die Steuereinrichtung 29 eine Befehlsfolge für die Rückstellung der Arbeitsteile 3' und das Ausfahren des Werkzeuges 3 aus der Bohrung eingegeben. Der Honvorgang wird dadurch beendet, daß die Honsteine oder Honleisten radial zurückgezogen werden. Das Werkzeug 3 wird dann aus dem Werkstück in seine Ausgangsposition zurückgefahren.

Zur hochgenauen Kalibrierung des Zustellsystems kann in an sich bekannter Weise coaxial zur Längsachse A des Honwerkzeugs 3 ein Einstellring vorgesehen sein. Nach dem Start der Honmaschine fährt in diesem Fall das Honwerkzeug in den Einstellring ein, und die Hubbewegung stoppt. Nunmehr wird die Zustelleinrichtung gestartet und in der vorher beschriebenen Weise der Referenzpunkt für die Maßabschaltung ermittelt, der im Speicher 31 abgelegt wird. Der Durchmesser des Einstellringes ist innerhalb des Aufweitbereiches des Honwerkzeugs beliebig wählbar, vorzugsweise wird er so gewählt, daß er dem Fertigmaß einer Werkstückbohrung entspricht.

Sobald der Referenzpunkt gespeichert ist, werden die Honsteine 3' mittels der Zustelleinrichtung 2 um einen in dem Steuergerät 20 programmierbaren Betrag so weit zurückgestellt, daß der Durchmesser des Honwerkzeugs 3 geringfügig kleiner ist als die unbearbeitete Werkstückbohrung 17. Danach wird das Honwerkzeug 3 in die Werkstückbohrung 17 eingefahren und das Werkstück wie beschrieben gehont.

04.12.94

40237B.NA

Ein Kalibrieren des Zustellsystems ist nicht vor jedem Honvorgang notwendig. Der Abgleich wird grundsätzlich nach einem Werkzeugwechsel ausgeführt und nach Umstellen des Fertigmaßes, sofern mit einem Werkzeug verschiedene Bohrungsdurchmesser bearbeitet werden. Auch zur Kompensation des Honsteinverschleißes wird ein neuer Abgleich ausgeführt. Je nach Verschleißbetrag des Schneidwerkstoffes pro Honvorgang und der geforderten Maßgenauigkeit kann die mögliche Anzahl von Honvorgängen bestimmt werden, nach denen der Abgleich zur Kompensation des Verschleißes wiederholt werden muß. Es hat sich als günstig gezeigt, geringe Maßabweichungen innerhalb eines programmierbaren Toleranzbereichs um das Sollmaß nicht zu kompensieren. Wenn der Honstation eine an sich bekannte Meßstation nachgeordnet ist, kann die Abweichung des Istmaßes vom Sollmaß bei dem vorher bearbeiteten Werkstück zur Kompensation des Steinverschleißes genutzt werden. Die Zustell-Geschwindigkeiten, Zustell-Kräfte und Zustell-Wege, mit der die Zustellung während des Kalibrier- und Honvorganges arbeitet, sind programmierbar.

Bei kleinen Bohrungsdurchmessern kann es zweckmäßig sein, die Eilganggeschwindigkeit zu variieren, z.B. stufenweise herabzusetzen, um ein schonenderes Anschneiden der Honsteine an der Bohrungswandung zu erreichen. Ferner kann es in bestimmten Fällen auch vorteilhaft sein, die Honsteine nach der Kalibrierung in der Werkstückbohrung um einen kleinen Betrag zurückzustellen, bevor auf "Zerspan-Zustellung" umgeschaltet wird.

Bei Bohrungen mit großem Verhältnis von Bohrungslänge zu Bohrungsdurchmesser muß mit Vorweite an mehreren Positionen gerechnet werden. In diesem Fall kann die weitere Aufwei-

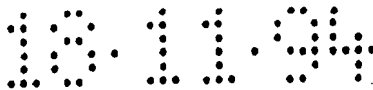
10.11.94

9

tung des Werkzeugs davon abhängig gemacht werden, daß ein
vollständiger Einzelhub durchlaufen worden ist.

94.104.90

40237B.NA



Maschinenfabrik
Gehring GmbH & Co.
Gehringstr. 28

A 40 237/mxe

17. Nov. 1994

73760 Ostfildern

Ansprüche

1. Maschine zur Feinbearbeitung von Bohrungen in Werkstücken, mit mindestens einem Werkzeug (3), das expandierbare Arbeitsteile (3') wie Honleisten oder Honsteine aufweist, und mit einer Zustelleinrichtung (2), die über eine Kraftmeßvorrichtung (13) mit einer Zustellstange (14) für die Arbeitsteile (3') des Werkzeuges (3) verbunden ist, sowie einem Steuergerät (20) für die Zustelleinrichtung (2), wobei ein Eingang (19) des Steuergerätes (20) mit einem Ausgang der Kraftmeßvorrichtung (13) und ein Ausgang (23) des Steuergerätes (20) mit der Zustelleinrichtung (2) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (20) einen Speicher (31) für Sollwerte der Zustellkraft und des Zustellweges sowie eine Steuereinrichtung (29) enthält, die in Abhängigkeit von gemessenen Istwerten der Zustellkraft und des Zustellweges den Verlauf der Zustellbewegung der Zustellstange (14) derart steuert, daß die Anpreßkraft der Arbeitsteile (31) während der gesamten Bearbeitungsdauer innerhalb vorgegebener Grenzwerte gehalten wird.
2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustelleinrichtung (2) einen Servomotor (4) enthält, an den der der Zustelleinrichtung (2) zugeordnete Ausgang (23) des Steuergerätes (20) angeschlossen ist.
3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (20) für den Vergleich zwischen den Sollwerten und den Istwerten



der Zustellkraft eine Steuereinrichtung (29) enthält, die einen Signaleingang für den Istwert eines Drehgebers (5) aufweist, der an die Zustelleinrichtung (2) angeschlossen ist und Signale liefert, die für den Zustellweg signifikant sind.

4. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Ausgang (23, 24) des Steuergerätes (20), an dem Signale der Steuereinrichtung (29) anliegen, mit einem Eingang eines Servoreglers (28) verbunden ist, der ausgangsseitig über eine Leitung (27) mit der Zustelleinrichtung (2) in Verbindung steht.
5. Maschine nach den Ansprüchen 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Servoregler (28) ausgangsseitig über eine Leitung (27) an den Servomotor (4) angeschlossen ist.
6. Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Servomotor (4) wahlweise für einphasigen oder dreiphasigen Antrieb ausgelegt ist, und daß der Servoregler (28) an das Steuergerät (20) dementsprechend über eine, zwei oder drei Leitungen (25, 26) angeschlossen ist.
7. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine einzelne Leitung (25) ein der Soll-Drehgeschwindigkeit des Servomotors (4) proportionales Signal führt.
8. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Leitung (25) ein der Soll-Drehgeschwindigkeit und eine zweite Leitung

- (26) ein dem maximalen Drehmoment (Strombegrenzung) proportionales Signal führt.
9. Maschine nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß eine einzelne Leitung (25) ein dem Phasenstrom des Servomotors (4) proportionales Signal führt.
 10. Maschine nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß drei Leitungen (25) je einen Phasenstrom des dreiphasigen Servomotors (4) proportionales Signal führen.
 11. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmeßvorrichtung (13) eine Kraftmeßdose ist, die ein analoges Ausgangssignal abgibt.
 12. Maschine nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Kraftmeßdose (13) und der Steuereinrichtung (29) ein A/D-Wandler (30) vorgesehen ist.
 13. Maschine nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, daß der A/D-Wandler innerhalb des Gehäuses des Steuergerätes (20) angeordnet ist.
 14. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (20) zur wegeabhängigen Maßabschaltung programmiert ist.

18.11.94

4

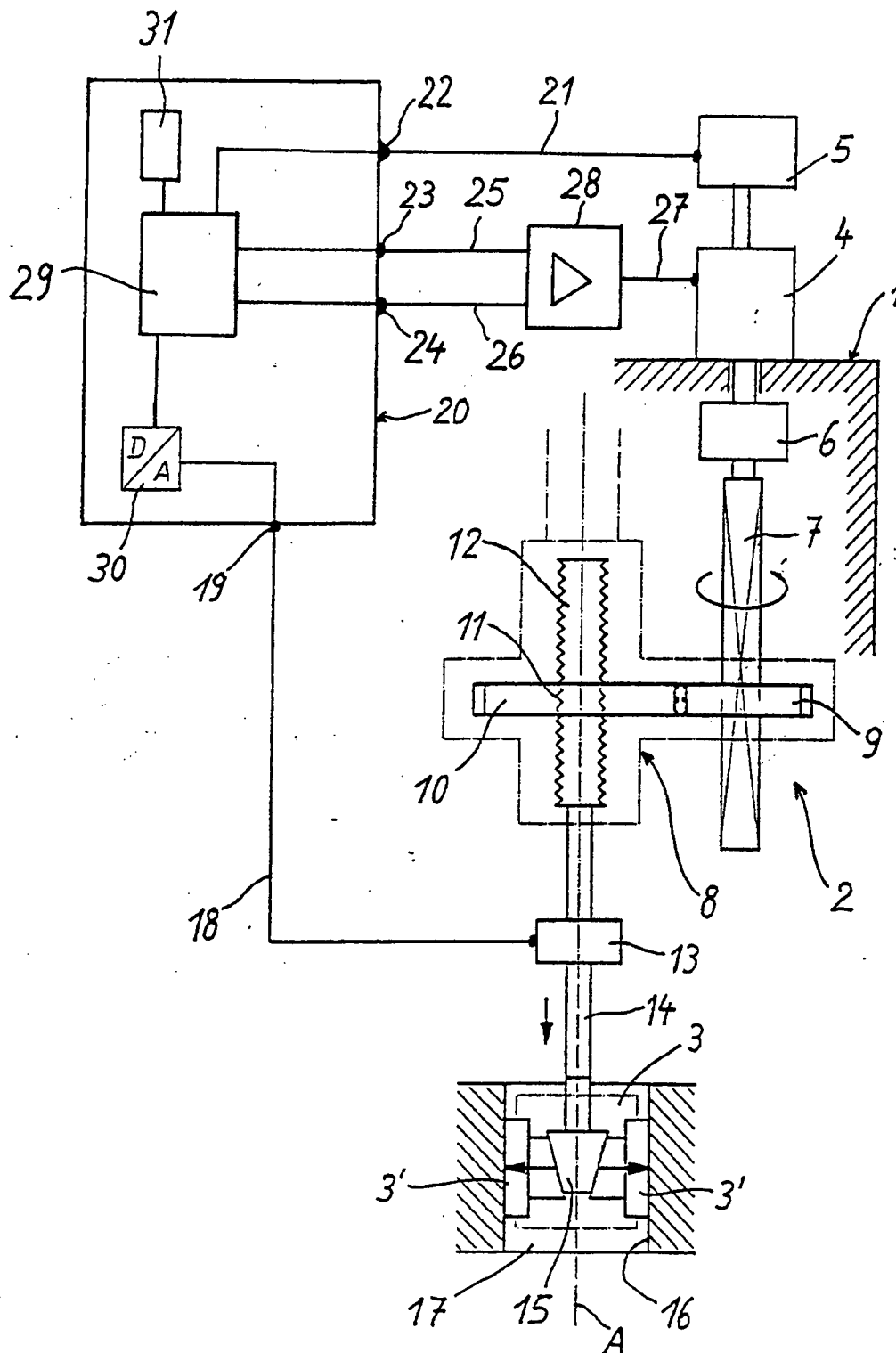
15. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß der Zustelleinrichtung (2)
ein Einstellring zur Kalibrierung des Zustellweges zu-
geordnet ist.

94.18.90

40237AN.NA

17. Nov. 1994

18.11.94



04.12.07